

*How Much are we Willing
to Pay for Living Better
Soundproofed? An Analysis
for the Residential Market in
Barcelona*

¿Cuánto estamos dispuestos a pagar por vivir mejor insonorizados? Un análisis para el mercado residencial de Barcelona

Autores

ROMO OROZCO, J. M. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media (UAMZM)
Domicilio postal: Carretera Rioverde-San Ciro km. 4, Rioverde, S.L.P.
México. C.P. 79610
jmromo@uaslp.mx

MARMOLEJO DUARTE, C. Universitat Politècnica de Catalunya, España
Departament de Construccions Arquitectòniques I.
Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB)
carlos.marmolejo@upc.edu

DAUMAL I DOMÈNECH, F. Universitat Politècnica de Catalunya, España
Departament de Construccions Arquitectòniques I
Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB)
francesc.daumal@upc.edu

Fecha de recepción 11/6/2013

Fecha de aceptación 1/8/2013

Código interno RDLC 0158b

Resumen

La modificación de la normativa que rige el diseño y construcción de las edificaciones puede implicar la creación de viviendas con mejor aislamiento acústico pero a un mayor coste, por lo que es recomendable evaluar los beneficios de las acciones emprendidas para determinar si la prevención o reducción de riesgos resulta en mejoras del bienestar, y por tanto en una mayor disposición a pagar por dichas mejoras. En esta investigación se compara el sobrecoste que representa el aislamiento acústico

siguiendo los criterios del Código Técnico de la Edificación (CTE) con la disposición a pagar por dicha mejora. A tales efectos se realiza un análisis de costes y una valoración contingente, respectivamente. Los resultados sugieren que el escenario utilizado facilita que los encuestados expresen su disposición a pagar y que los beneficios pudieran superar los costes de implementación de sistemas de aislamiento acústico más eficientes.

Palabras clave: Valoración contingente; ruido; simulación acústica; aislamiento acústico

Abstract

The change of the rules governing the design and construction of buildings can involve the creation of housing with better sound insulation but at a higher cost, so it is recommended to evaluate the benefits of the actions undertaken to determine whether prevention or risk reduction results in improvements to welfare. This research compares the cost overrun that represents the

acoustic isolation following the criteria of the CTE with the willingness to pay for the improvement. For this purpose are a parametric cost analysis and a contingent valuation respectively. The results suggest that the scenario used enables respondents to express their willingness to pay and that profits may exceed the costs of implementing more efficient sound insulation systems.

Keywords: Contingent valuation, Noise, Acoustic simulation, Acoustic insulation.

Introducción

Algunas actividades cotidianas externalizan costes que repercuten negativamente en la calidad de vida de los receptores. El ruido es uno de ellos, demostrándose que tiene un impacto social que puede ser estimado económicamente (Navrud, 2002; Nijland *et al.*, 2003; Marmolejo, 2008; Nijland y Van Wee, 2008; Marmolejo y González, 2010). Para Martimortugués y Canto (2005), “el coste social del ruido se hace evidente en la depreciación de las viviendas de las zonas ruidosas, en los costes de insonorización y amortiguación de aquellas viviendas que sufren sus efectos, en los costes jurídicos que ocasiona a los demandantes conseguir ser atendidos por la justicia y en los costes que suponen los efectos adversos del ruido sobre la salud y el bienestar psicológico” (p. 13). Harris (1995) considera que el ruido es un problema económico de gran importancia en las sociedades actuales y concluye que a las personas les gusta el silencio, de manera que por lo general están dispuestas a pagar por él.

Actualmente un número creciente de estudios recurren a la valoración contingente para estimar el coste económico del ruido (Van Praag y Baarsma, 2004; Bjørner, 2004; Fosgerau y Bjørner, 2006). En este método, con el fin de indagar la disposición a pagar (o a ser compensado) por un cambio en la calidad de un bien, se presenta en una encuesta un mercado hipotético (Mitchell y Carson, 1989; Riera, 1994). En España, algunas investigaciones (Hernández y Carrillo, 2003; Herranz y Proy, 2003; Barreiro *et al.*, 2005; Marmolejo y Frizzera 2008; Marmolejo y Romano, 2009) han presentado escenarios y estimaciones diversas, pero de ellas resaltan dos aspectos: el interés que las personas tienen en mejorar su entorno acústico y que con independencia de los valores obtenidos, aun cuando se especifica un cambio en los niveles de ruido, no se utilizan mediciones concretas para expresarlo ni escenarios que faciliten su valoración.

Recurriendo al método de valoración contingente, la investigación que aquí se presenta tiene el objetivo de analizar el impacto que tiene en el bienestar de los individuos una normativa que busca mejorar la habitabilidad de las viviendas. Para ello, se determina la disposición a pagar (DAP) de los posibles usuarios de vivienda en Barcelona y se analiza si los beneficios compensan los sobrecostes de los sistemas constructivos impuestos por el nuevo CTE. Con el fin de establecer de manera adecuada la relación exposición-molestia y estimar de manera más realista la DAP, se utiliza como escenario de valoración la simulación acústica de viviendas con distintos grados de aislamiento. Esta es la principal aportación metodológica y que la distingue del resto de estudios publicados hasta la fecha en España. El

ejercicio tiene su origen en la línea de investigación del Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV de la UPC), afiliada a lo que se podría llamar *marketing de la tecnología arquitectónica*, que aplica diversas técnicas de valoración en el ámbito de la arquitectura para intentar probar que las mejoras edificatorias también pueden significar incrementos de valor.

Metodología y Desarrollo

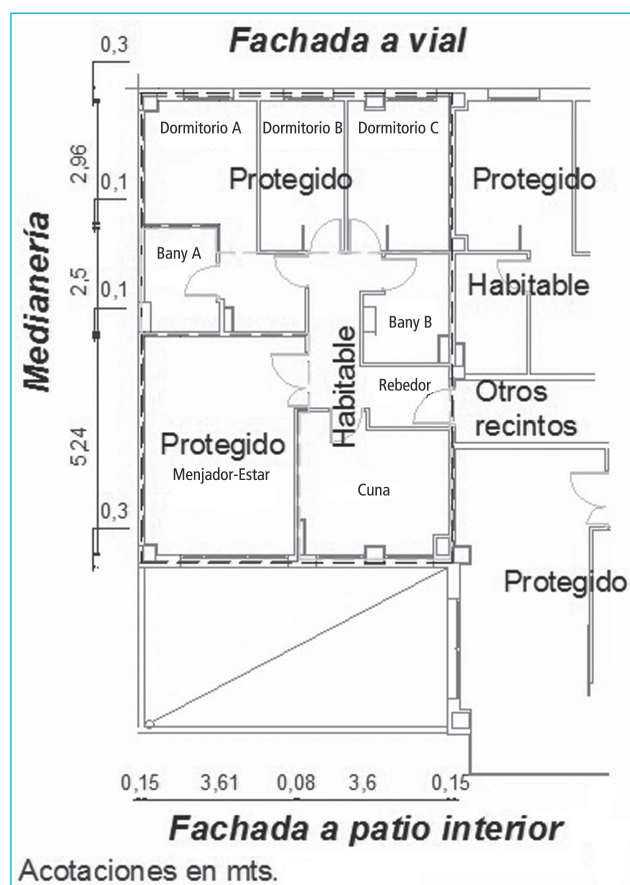
Para valorar monetariamente el control del ruido en la vivienda y determinar la viabilidad económica del cambio normativo (Ruá y López-Mesa, 2012) es necesario calcular el sobrecoste que implica el incremento en el nivel de aislamiento estipulado en el Documento básico de protección frente al ruido (DB-HR) del CTE para una vivienda típica de nueva planta y de libre mercado, y compararlo con la DAP de sus potenciales usuarios. Esto requiere de la definición de: las características de la vivienda típica, las soluciones técnicas que permitirían alcanzar los niveles de aislamiento aéreo a ruido exterior exigidos por la normativa vigente en el momento de su construcción y del sobrecoste de implementación de sistemas con mayores prestaciones; y de la DAP de los posibles usuarios por disfrutar de una vivienda aislada según el DB- HR, obtenida en este caso con el método de valoración contingente.

Determinación de las características de la vivienda

La vivienda típica de nueva planta en Barcelona se definió a partir de la información recolectada por el CPSV entre los años 2006 y 2008 de una muestra representativa de promociones en construcción. Para extraer los componentes principales, la muestra de 825 observaciones con información sobre superficie, programa arquitectónico, calidades, etc., fue tratada con un análisis factorial; posteriormente se realizó un análisis cluster para agrupar las viviendas en función de su similitud, y el grupo más numeroso dio pauta para detectar la vivienda típica. Se concluyó que las viviendas más comunes de reciente creación tienen una superficie cercana a los 80 m² y cuentan al menos con una estancia y un par de dormitorios (Figura 1). Los pavimentos suelen ser de parquet sencillo y la fachada de obra vista. Una parte importante son viviendas pasantes y en general no cuentan con zonas comunes, como piscinas o jardines. En cuanto a las tipologías edificatorias, predomina la edificación entremediana, típica de los tejidos de ensanche, y en bloque lineal con alineación a vial, por lo que presentan una proximidad importante a las vías de comunicación. Al georreferenciar y mapificar las promociones, el distrito con mayor número de edificaciones fue *Sant*

Martí (20,3% de los registros), seguido por L'Eixample (14,7%).

Figura 1. Vivienda tipo

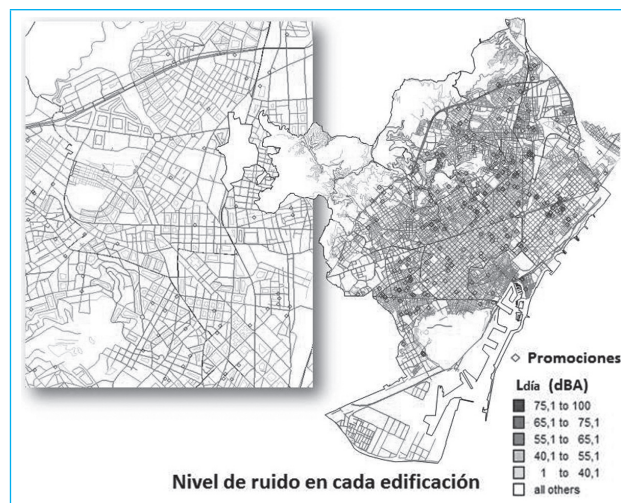


Fuente: Elaboración propia a partir de la memoria descriptiva, 2011.

El nivel de ruido aéreo al que están expuestas estas promociones se determinó mediante su georreferenciación en el mapa estratégico de ruido que presenta la Generalitat de Barcelona. El análisis proporcionó la media del nivel de ruido al cual se encuentra expuesto el conjunto de promociones y el que corresponde a cada una de ellas (Figura 2).

De esta manera, si la vivienda típica se sitúa en el distrito de Sant Martí y se adopta el nivel día, el nivel de ruido aéreo característico está en el rango de los 65-70 dBA ($L_d=67,3$ dBA).

Figura 2. Mapa de ruido y promociones analizadas



Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por CPSV y del mapa estratégico de ruido del Barcelonès I.

Cálculo de los sobrecostos de construcción

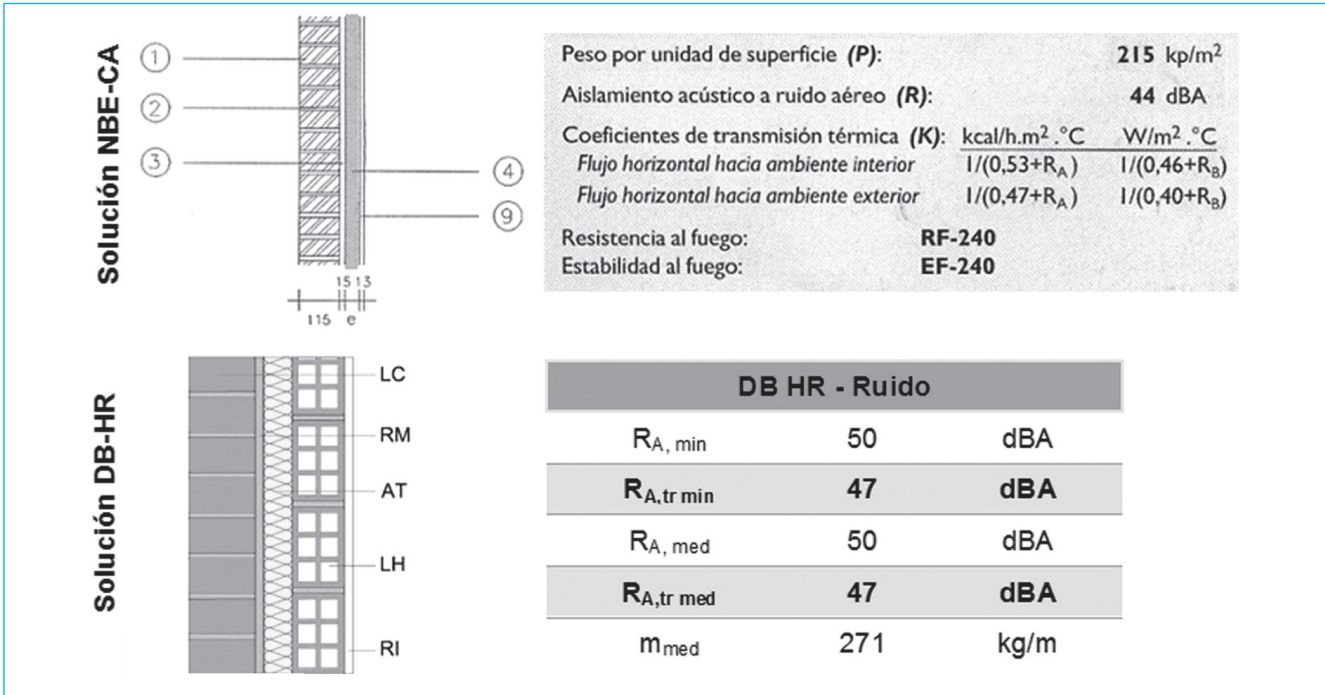
Diversas investigaciones (Smith *et al.*, 2006; Low, Liu y Oh, 2008; Daumal y Gortari, 2010) han demostrado que los altos niveles de ruido en las viviendas se deben, entre otros factores, a la falta de aislamiento, por lo que una intervención en los elementos constructivos puede incrementar considerablemente el confort acústico de estas. Debido a que las molestias suelen asociarse al ruido aéreo que proviene del exterior (INE, 2008), el análisis del comportamiento acústico se focaliza en los elementos constructivos que componen la fachada, incluyendo tanto el elemento opaco como la parte débil (hueco) de esta.

Dada la cantidad de combinaciones de fachadas y soluciones que se pueden presentar, los elementos constructivos fueron caracterizados a partir de la información incluida en las memorias descriptivas de algunas de las promociones de la muestra, por lo que son reales y cumplen con la exigencia normativa que regía en ese momento. Las soluciones son genéricas pero no únicas, por lo que la decisión de utilizarlas atiende a la necesidad de restringir el análisis acústico a un solo modelo edificatorio que permita presentar a los encuestados una misma reducción en los niveles de ruido; se consideró que al utilizar diversas soluciones constructivas en la simulación se cambiarían las prestaciones acústicas de las viviendas y en consecuencia no se estaría valorando lo mismo. Por este motivo, soluciones constructivas que son válidas fueron excluidas con el fin de hacer operativa la extracción de la DAP.

Al utilizar la información de las viviendas diseñadas y construidas durante la aplicación de la Norma Básica de Edificación (NBE-CA-88), se presenta a los encuestados un escenario fidedigno con el que están familiarizados, y permite mostrar un estado inicial que se ve modificado con la introducción del DB-HR, tal como lo requiere la implementación de la técnica de valoración; en este sentido, es necesario tener en cuenta que al momento de iniciar la investigación no había un mercado de viviendas aisladas con el DB-HR del cual extraer la información necesaria a incluir en la encuesta. Así, a partir de los elementos constructivos originales y recurriendo a la aplicación "Silensis" desarrollada por Labein Tecnalia e Hispalyt, se diseñaron aquellos que pudieran cumplir con lo indicado en el DB-HR. Para estimar el sobrecoste de la implementación de un sistema de aislamiento con mayores prestaciones (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja e Hispalyt, 2008) se compararon las soluciones hipotéticas (DB-HR)¹ con las reales (NBE-CA)².

La vivienda original (NBE-CA) está formada principalmente por muros de albañilería (tradicional y mixta) y forjados unidireccionales con elementos de entrevigado de hormigón, mientras que la fachada es de obra vista de ½ pie de ladrillo cerámico, cámara de aislamiento y placa de yeso laminado de 11 mm, con carpintería de aluminio, clase A2, y vidrio simple 4+4 mm. En la vivienda con mayor aislamiento (DB-HR) los muros generalmente requieren de elementos adicionales como las bandas perimetrales o los trasdosados autoportantes, mientras que en los forjados se modifica el aislamiento para ruido de impacto o los componentes del hormigón. La fachada, elemento principal del análisis, está constituida por ladrillo cerámico perforado de 11,5 cm, revestimiento continuo intermedio, aislamiento térmico y trasdosado de ladrillo cerámico hueco doble de 7 cm con revestimiento de yeso; la carpintería es de aluminio con acristalamiento doble laminado 4+4/6/4 (Figura 3). Como ya se ha mencionado, estas soluciones son específicas y seguramente difieren a las utilizadas en otras comunidades autónomas, o incluso entre promociones de una misma localidad.

Figura 3. Soluciones para la fachada



Fuente: Composición propia a partir del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

1 Boletín Oficial del Estado, 242 de 8 de octubre de 1988. Orden de 29 de septiembre de 1988 por la que se aclaran y corrigen diversos aspectos de los anexos a la norma básica de la edificación NBE-CA-82 sobre "condiciones acústicas de los edificios".

2 Boletín Oficial del Estado, 254 de 23 de octubre de 2007. Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

A partir de la modificación o inclusión de distintos materiales que mejoran el aislamiento de la vivienda, y con ayuda del generador de precios de CYPECAD (actualizado a diciembre de 2011), se calcularon los sobrecostos de los elementos constructivos; en algunos casos las diferencias no son significativas, ya que la solución empleada originalmente puede ser similar a la requerida por la normativa actual. La tabla 1 presenta dos estimaciones de los posibles sobrecostos que se pueden obtener para estas soluciones; en ella se incluye el incremento sin fachada, el sobrecoste de esta y el incremento total para la vivienda analizada.

Dependiendo del programa de obra de la vivienda, y teniendo como referencia un precio de compra-venta cercano a los 4.000 euros/m² y de 14,6 euros/m² para el alquiler, los sobrecostos transformados en valor de venta al añadirles el beneficio industrial, los gastos del constructor, así como el beneficio y los gastos de promoción, pueden significar un incremento que se ubica entre 0,75% y el 1,3% del valor de compraventa de la vivienda, o de 6,5 a 20 euros mensuales adicionales

cuando se tiene en alquiler (tabla 2). Estos sobrecostos son comparables a los presentados por estudios de factibilidad realizados con anterioridad (Domínguez y Frías, 2006), por lo que se pueden considerar como parámetros orientativos válidos.

Dada la actual crisis inmobiliaria y la negativa de la población por adquirir vivienda en espera de la futura reducción del precio, se decidió utilizar el alquiler como método para extraer la DAP por las viviendas mejor aisladas. Para la vivienda típica, y considerando que la amortización se realiza durante toda la vida útil del inmueble, el alquiler mensual se vería incrementado en aproximadamente 11 euros para compensar el sobrecoste del mejor aislamiento.

Redacción de la encuesta utilizada para extraer la DAP

La encuesta se redactó con el objetivo de resultar creíble para los encuestados, y que estos realmente imaginen una afección a su nivel de bienestar ante el

Tabla 1. Sobrecostos de los elementos constructivos para la vivienda típica

Elemento constructivo			Costes (euros)					
Cantidad (m ²)	Opción 1	Opción 2	Opción 1			Opción 2		
			NBE-CA-88	DB-HR	Sobrecoste	NBE-CA-88	DB-HR	Sobrecoste
Particiones interiores para áreas	del mismo uso	40.0	695.3	717.7	22.4	695.3	717.7	22.4
	de uso distinto	40.5	704.7	727.4	22.7	704.7	727.4	22.7
	de propiedades	29.4	997.2	1706.8	709.7	994.5	1706.8	712.3
Separadoras	de zonas comunes interiores o usuarios distintos	13.4	394.8	541.5	146.7	270.9	541.5	270.6
Elementos horizontales de separación		86.3	7169.6	7202.4	32.8	7169.6	7202.4	32.8
Cubiertas planas		14.4	1062.4	1086.9	24.5	1062.4	1086.9	24.5
Subtotal 1 (sin fachada)			11023.9	11982.7	958.8	10897.4	11982.7	1085.3
Sobrecoste €/m²					11.1			12.6
Fachadas		34.8	2605.6	2877.7	272.0	2605.6	2877.7	272.0
Acristalamiento		10.3	332.4	924.0	591.6	332.4	924.0	591.6
Subtotal 2 (fachada+acrist.)			2938.0	3801.7	863.6	2938.0	3801.7	863.6
Sobrecoste €/m²					10.0			10.0
Total			13962.0	15784.4	1822.4	13835.4	15784.4	1948.9
Sobrecoste €/m²					21.1			22.6

cual emitan una reacción (positiva o negativa) mesurable a través de una escala de valor que puede ser monetarizada. Teniendo en cuenta que los cambios en el nivel de aislamiento son difíciles de describir de manera verbal (Boyle, 2003; Gidlöf-Gunnarsson, *et al.*, 2007), la encuesta es acompañada por la simulación acústica de dos viviendas que se encuentran sometidas al mismo ruido exterior, pero que solo difieren en su nivel de aislamiento. La primera cumple con los parámetros establecidos por la NBE-CA-88, mientras que la segunda está adaptada al DB-HR.

Creación de las pistas de audio utilizadas para extraer la DAP

Una vez definidos los elementos constructivos, se procedió a generar las pistas de audio. A causa de la crisis en el sector inmobiliario no fue posible detectar ninguna vivienda terminada ajustada al DB-HR, por lo que se recurrió a la simulación acústica; el trabajo fue realizado por un laboratorio privado especializado en certificación acústica, con el siguiente procedimiento:

Obtención de un espectro de tráfico representativo de la ciudad de Barcelona mediante mediciones sonométricas y grabación sonora. El trabajo de campo se realizó en la calle Córcega, entre las 18:32h y 19:33h del 16 de marzo de 2012. Esta ubicación se eligió por ser representativa del tráfico habitual de la ciudad; según al mapa de ruido del municipio, se encuentra en una zona con un nivel Ld comprendido entre 65 y 70

dB(A), que de acuerdo al análisis geoestadístico realizado corresponde a los niveles de la vivienda típica.

Se midió el nivel de presión sonora continuo equivalente, por bandas de tercio de octava de 20Hz a 20000Hz y en valor global, sin ponderar y ponderado A, con constante de integración *Fast*. Simultáneamente se grabó el ruido percibido en formato WAV con una frecuencia de muestreo de 48000Hz y 16 bits. Los equipos utilizados fueron sonómetro, micrófono y calibrador de la marca *Bruel&Kjaer*, que fueron calibrados en laboratorios autorizados.

Cálculo del aislamiento al ruido aéreo de la parte ciega y el acristalamiento de cada una de las fachadas propuestas (NBE-CA-88 y DB-HR) mediante el software de predicción “*dBKaisla*” (ley de masas y ley de masas corregida); los resultados se generaron para el espectro extendido de bandas de tercio de octava de 50Hz a 5000Hz. Una vez determinados los aislamientos de la parte ciega y del acristalamiento, se obtuvo el aislamiento mixto combinado considerando el porcentaje de acristalamiento según la especificación correspondiente, encontrando en las dos fachadas que la desviación entre el valor predicho y el valor calculado, ambos en valor global, es menor a un decibelio, por lo que el espectro de aislamiento se validó como representativo de cada solución constructiva propuesta.

A partir del espectro de tráfico medido y del aislamiento de fachada calculado, se filtró por bandas de tercio

Tabla 2. Comparativa de sobrecostes (euros) para la vivienda típica										
Vivienda tipo D. Sup=86.35 m²	Opción 1					Opción 2				
	NBE-CA	DB-HR	Sobrec	Cc	Vv	NBE-CA	DB-HR	Sobrece	Cc	Vv
	(PEM) (1.2 PEM) (1.38 Cc)					(PEM) (1.2 PEM) (1.38 Cc)				
Subtotal s/fachada	11023.93	11982.71	958.78	1150.53	1587.73	10897.39	11982.71	1085.31	1302.37	1797.28
Sobrecoste €/m²			11.10	13.32	18.39			12.57	15.08	20.81
% del sobrecoste					0.46%					0.52%
Subtotal c/fachada	2938.04	3801.67	863.63	1036.35	1430.17	2938.04	3801.67	863.63	1036.35	1430.17
Sobrecoste €/m²			10.00	12.00	16.56			10.00	12.00	16.56
% del sobrecoste					0.41%					0.41%
Total	13961.97	15784.37	1822.40	2186.88	3017.90	13835.43	15784.37	1948.94	2338.72	3227.45
Sobrecoste €/m²			21.10	25.33	34.95			22.57	27.08	37.38
% del sobrecoste					0.87%					0.93%

de octava el ruido de tráfico grabado para obtener dos pistas de audio que representan la percepción que tendría un usuario de una vivienda característica de cada una de las normas de edificación. Las pistas reflejan la percepción de un oyente en estancias donde el ruido tiene como origen dominante el tránsito vehicular y permiten a los usuarios potenciales percibir el cambio en el nivel de aislamiento que ofrecería una vivienda adaptada al DB-HR.

Estimación de los beneficios

Para estimar los beneficios se eligió el formato de pregunta llamado "OOHB" (en inglés *One and one half bound*) introducido por Cooper *et al.* (2001). Su implementación implica informar a los encuestados, en primera instancia, el rango de valores en el cual se encuentra contenido el sobrecoste necesario para incrementar el nivel de aislamiento acústico. A continuación, el encuestador elige de forma aleatoria uno de estos dos puntos como valor inicial para obtener la disposición a pagar; si se elige la oferta máxima como precio de salida y el encuestado responde "NO", se le pregunta si está dispuesto a pagar la oferta mínima. Del mismo modo, si el valor de salida es la oferta mínima y el encuestado responde que sí la pagaría, entonces se le pregunta si está dispuesto a pagar la oferta máxima. En los otros dos casos el proceso se detiene cuando el precio propuesto por primera vez es el máximo y el encuestado dice que sí, o si el precio propuesto por primera vez es el mínimo y la respuesta es negativa.

En este formato, el problema equivale a predecir el valor de una variable dicotómica: si el valor está más próximo a 1 que a 0, se clasifica al elemento en la primera población, en otro caso, se hace en la segunda. Para llevar a cabo la predicción, generalmente se utiliza el modelo logístico (logit); con este modelo se garantiza que la respuesta prevista esté entre cero y uno al transformar la variable aleatoria. La literatura (Hanemann *et al.*, 1991) refiere que la función de distribución de la DAP toma la forma logística de dos parámetros [1].

Para estimar los parámetros α y β , generalmente mediante el método de máxima verosimilitud, se utiliza la función logarítmica [2], donde " α " representa la constante del modelo de regresión, " β " el coeficiente asociado a la variable oferta y " d " la respuesta que se obtiene en la pregunta de valoración.

Finalmente, si se considera que la variación en la utilidad es cero, el individuo mostrará indiferencia entre pagar y recibir la mejora en la calidad ambiental (mejor nivel de bienestar), o no realizarlo y percibir la utilidad inicial. Para cada persona, el valor medio de la DAP

que logra la indiferencia entre los distintos estados de utilidad es la medida monetaria del cambio en el bienestar que se alcanza con el cambio propuesto. De esta manera, si para estimar la función de distribución se considera que la forma funcional de la utilidad es lineal, la DAP se obtiene mediante la expresión [3]. Esta ecuación representa la cantidad máxima de dinero que el individuo representativo está dispuesto a pagar por alquilar una vivienda aislada según el DB-HR, en relación a otra aislada con la anterior normativa.

$$G(C, \theta) = [1 + e^{\alpha - \beta C}]^{-1} \quad [1]$$

$$\ln L^{OOHB}(\theta) = \sum_{i=1}^N \left\{ d_i^s \ln \left[1 - \frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta Of^{M\acute{a}x}}} \right] + d_i^{sn - ns} \ln \left[\frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta Of^{M\acute{a}x}}} - \frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta Of^{M\acute{m}n}}} \right] + d_i^n \ln \left[\frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta Of^{M\acute{m}n}}} \right] \right\} \quad [2]$$

$$DAP_{Media} = \alpha / \beta \quad [3]$$

En consideración a lo anterior se diseñaron dos rangos distintos de ofertas, definidos a partir del incremento de 11 euros/mes; el primer (R-I) fue de los 5 a los 17 euros/mes y el segundo (R-II) de 11 a 23 euros/mes. La cuestión estriba en saber si los usuarios de vivienda libre plurifamiliar nueva están dispuestos a pagar este sobrecoste en el alquiler equivalente; si la respuesta es positiva significaría que los sobrecostos derivados del cambio normativo quedarían compensados con el sobrevalor de la vivienda y por tanto la implementación del CTE, en este respecto, sería perfectamente viable.

Estructura final de la encuesta y diseño de la muestra

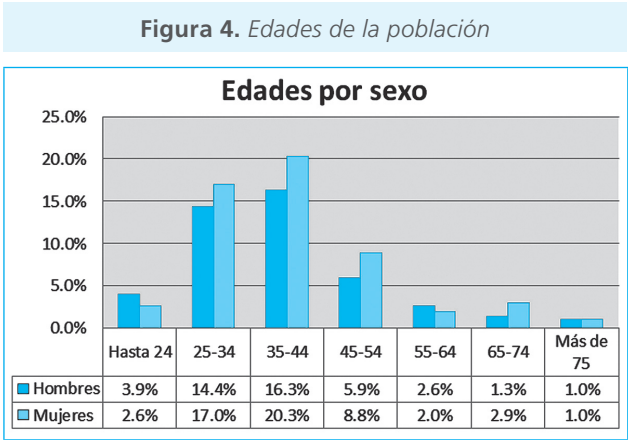
La encuesta consta de un bloque inicial de preguntas centrando en capturar la percepción, creencias y molestias ocasionadas por el ruido urbano en el entorno residencial. En la parte central se pregunta por la DAP y si es el caso, los motivos de su rechazo. El bloque final recoge información socioeconómica y demográfica sobre diferentes aspectos que pueden influir tanto en la forma que los encuestados perciben el ruido, como en la DAP expresada.

La población objetivo se determinó a partir de los posibles usuarios que podrían acceder al mercado residencial en potencial alquiler (Ajuntament de Barcelona, 2011); teniendo en cuenta la demanda (potenciales inquilinos de vivienda nueva) y la oferta (número de

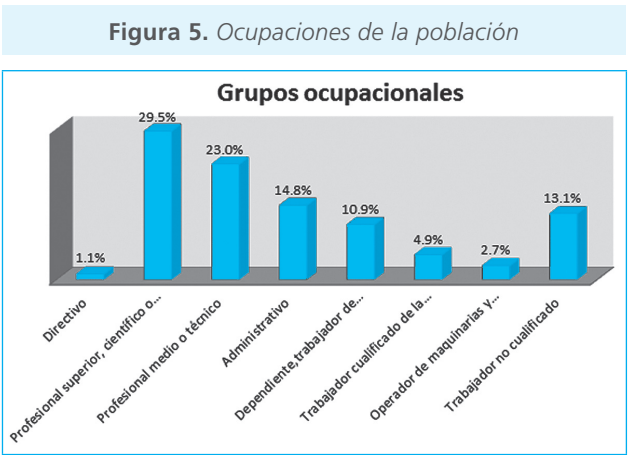
viviendas construidas entre los años 2001 y 2011) del mercado, la muestra final fue de 306 encuestas. Durante la aplicación se observó que el objeto de estudio es de interés, sin embargo, debido a que el número de respuestas positivas a la pregunta de valoración era inesperadamente alta, a un subgrupo de la muestra se le aplicó la encuesta sustituyendo el escenario de valoración; en este caso no se reprodujo la simulación y en su lugar se ofreció una reducción en el nivel de ruido consistente en pasar del horario diurno al nocturno en el mismo día laboral, cambio que es similar al ofrecido en la simulación. De esta manera se aplicaron 238 encuestas con grabación y 68 sin grabación entre los meses de mayo y junio de 2012.

Resultados y Discusión

De las 306 personas encuestadas, 54,6% fueron mujeres y 45,4% hombres, siendo el grupo más numeroso el de las mujeres entre 35 y 44 años (Figura 4). Para la población en conjunto, el 52,6% indicó tener al menos estudios universitarios o diplomatura y solo el 2% manifestó no haber realizados estudios; además, el 60,1% de la población está ocupada, de los que el 52,5% se desempeña como profesional medio o superior (Figura 5). Comparado con el universo, el perfil de la muestra parece ser similar en lo que respecta a la edad, pero con la diferencia de que las personas parecen estar ocupadas mayoritariamente en actividades que se asocian a altos niveles de estudios o capacitación.



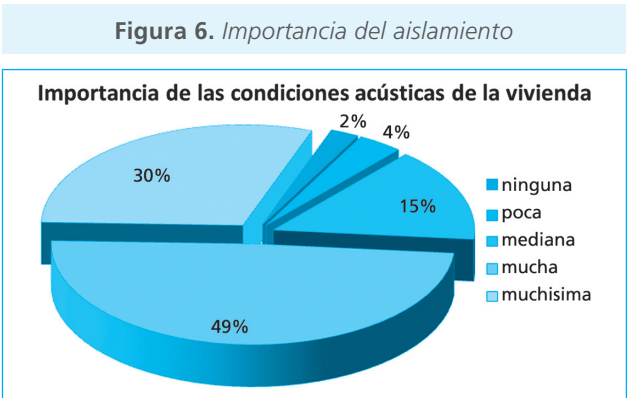
Fuente: Elaboración propia, 2011.



Fuente: Elaboración propia, 2011.

En cuanto a los ingresos familiares, 18 personas (5,88%) se negaron a responder esta pregunta, un 55,56% indicó que sus ingresos no superan los 1.800 € mensuales/familia y solo el 9,15% señaló superan los 3.600 €. Con respecto al régimen de tenencia de la vivienda, el 55,2% de los encuestados indicó ser propietario, el 43,5% inquilino y el 1,3% estar en otro tipo de régimen.

Una parte muy significativa de los encuestados (95,4%) considera que el ruido es perjudicial para la salud y la importancia que se le da al silencio es elevada, ya que el 79% de ellos contestó que el interés en el aislamiento acústico es un factor muy importante al momento de elegir una vivienda (Figura 6). Con independencia de que la vivienda que habitan sea propia o en alquiler, el 20,3% manifestó haber realizado algún tipo de obra para aislarla del ruido (Figura 7). Al preguntar por las molestias, diferenciando por fuentes, se obtuvo que los vehículos motorizados son la principal fuente de ruido (Tabla 3), comprobando con ello el supuesto utilizado para elaborar la simulación acústica.

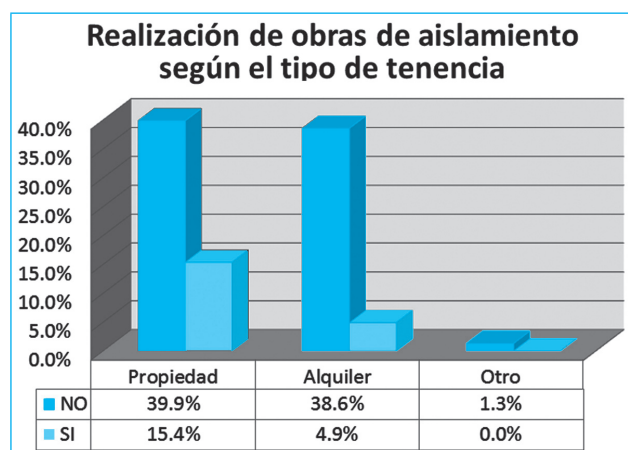


Fuente: Elaboración propia, 2011.

Tabla 3. Relación entre fuentes y molestia

Grado de molestia	Fuente (Frecuencias)						
	Vehículos	Bares	Vecinos	Aglomeración	Talleres	Edificio	Otras
Nada	75	205	97	150	256	188	255
Poco	81	39	107	73	32	69	12
Medianamente	69	28	56	46	12	28	9
Mucho	69	23	31	23	3	12	15
Excesivamente	12	11	15	14	2	9	15
Puntuación prom.	2.55	1.68	2.22	1.95	1.24	1.64	0.93
Desvest	1.20	1.13	1.14	1.16	0.64	1.00	1.69

Figura 7. Obras de aislamiento



Fuente: Elaboración propia, 2011.

Con la prueba de Spearman se comprobó que las molestias en el hogar están correlacionadas positivamente con la percepción de cuán ruidosa es la calle. A su vez, la consideración de cuán ruidosa es la calle está asociada principalmente al ruido producido por los vehículos motorizados, mientras que la fuente que más molestias genera en el hogar son los vehículos, seguida por el ruido de las actividades sociales (bares y aglomeraciones), y en menor medida, el que se origina al interior de la edificación (vecinos). Asimismo, a pesar de que las correlaciones son débiles, al aumentar el nivel de molestia en la vivienda se da más importancia a su aislamiento y se está más dispuesto a tomar alguna medida para reducir el ruido que se percibe. De esta manera, los valores obtenidos soportan la idea

que las personas respondieron de manera congruente a la encuesta.

De las encuestas aplicadas, el 49,1% corresponde al rango R-I de las ofertas y el restante 50,9% al R-II. En general, se obtuvieron 261 respuestas positivas a las ofertas presentadas (85,9%) y 43 negativas (14,1%), ya que de la muestra de 306 encuestas fueron eliminadas dos observaciones (Tabla 4).

De las 43 respuestas negativas, el 30,2% fue catalogado como ceros verdaderos y el 69,8% restante como protestas. Los motivos principales de las protestas fueron de tipo económico, pues los argumentos presentados fueron que "ya se paga demasiado por la vivienda" (32,3%) y "la situación económica-laboral no lo permite" (23,3%). En un 9,3% las negativas podrían asociarse a la presentación del ejercicio, pues las personas respondieron que el cambio ofrecido no es suficiente.

Para examinar el efecto que tiene la simulación acústica, la muestra total (M1) fue dividida en dos subgrupos (M2 y M3). Estos subgrupos son utilizados para estimar tres modelos de la DAP: el primero con el total de la muestra, el segundo corresponde al de los encuestados que escucharon la grabación y el tercero es el de las personas que no lo hicieron. Haciendo uso de las expresiones [2] y [3], se realizó un cálculo preliminar de la DAP_{Media} para los distintos modelos (Tabla 5).

Se observa que la diferencia entre los porcentajes de rechazo decrece de manera importante cuando se recurre a la simulación acústica (M2); esta condición parece indicar que este escenario es un incentivo para emitir una valoración positiva, aun cuando la oferta presentada sea la máxima. También destaca que el

Tabla 4. Distribución de observaciones por rango de oferta

Rango	Oferta inicial	Respuestas positivas				Respuestas negativas		Muestra total*	
		Oferta máx.		Oferta mín.					
		Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
R-I (5-17)	5	47	32,4	16	11,0	10	6,9	145	47,7
	17	56	38,6	10	6,9	6	4,1		
R-II (11-23)	11	47	29,6	26	16,4	14	8,8	159	52,3
	23	49	30,8	10	6,3	13	8,2		

*Después de eliminar dos observaciones.

Tabla 5. Modelado de la DAP

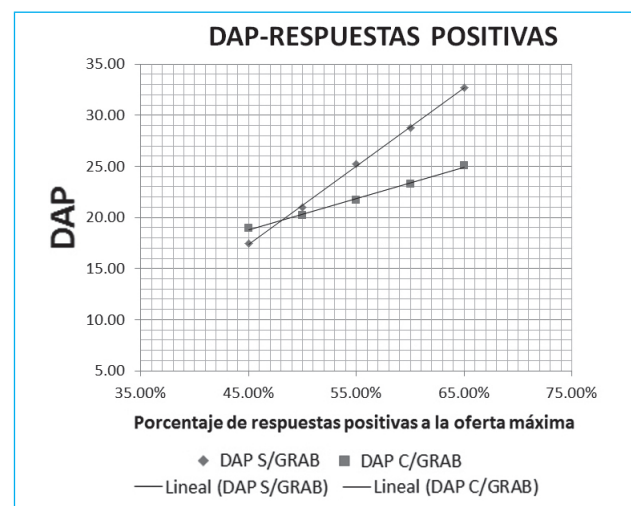
Modelo	DAP (euros)	Respuestas positivas				Respuestas negativas		Total	
		Oferta máxima		Oferta mínima					
		Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Con protestas	Conjunto (M1)	28,90	207	68,1	54	17,8	43	304*	100
	Grabación (M2)	30,02	178	74,8	40	16,8	20	238	100
	Sin grab.(M3)	17,48	29	43,9	14	21,2	23	66*	100
Sin protestas	Conjunto (M1)	28,45	207	75,5	54	19,7	13	274*	100
	Grabación (M2)	28,69	178	78,8	40	17,7	8	226	100
	Sin grab.(M3)	25,01	29	60,4	14	29,2	5	48*	100

*Además de las protestas, se eliminaron dos observaciones que funcionaban como "outliners".

valor de la DAP_{Media} excede los valores superiores presentados en los rangos cuando el porcentaje de respuestas positivas a la oferta máxima supera el 50%.

Para ahondar más en el comportamiento de estos modelos se planteó un escenario tendencial en función del escenario de valoración. Tomando como referencia tanto los valores de la DAP_{Media} como los porcentajes de respuestas positivas y negativas obtenidas, se establece una relación de tipo lineal para M2 y M3 que permite observar un hipotético punto de convergencia de la DAP_{Media} . Con independencia del número de respuestas negativas, el punto de convergencia se obtiene cuando el porcentaje de respuestas positivas a la oferta máxima es cercano al 50%; para este punto, la DAP_{Media} sería aproximadamente de 19 euros/mes, valor que se encuentra dentro de los rangos establecidos en la pregunta de valoración (Figura 8).

Figura 8. Relación de respuesta positivas-DAP



Fuente: Elaboración propia, 2011.

Finalmente, con estos modelos y sus proyecciones, se puede concluir que la DAP_{Media} supera en todos los casos el sobrecoste estimado en los precios de alquiler de la vivienda típica, lo que sugiere que la implementación del DB-HR del CTE incrementa el bienestar de los usuarios y la población está dispuesta a pagar por ello.

Conclusiones

Por las respuestas obtenidas, la importancia del tema se pone de manifiesto; la población está familiarizada con la necesidad de mejorar el aislamiento acústico de las viviendas, por lo que parece estar dispuesta a tomar medidas para reducir los niveles de ruido que experimentan actualmente en sus viviendas.

Los resultados iniciales confirman que al aplicar la VC, el diseño de las ofertas y el escenario implementado influyen de manera importante en el momento de que los encuestados expresan su disposición a pagar por el bien que se analiza. En el primer caso, las estimaciones realizadas de los sobrecostos indican que las nuevas exigencias pueden ser alcanzadas con la optimización de los procesos constructivos y, en algunos casos, absorbidas con incrementos económicos que no son significativos, más teniendo en cuenta que las mejoras también suelen influir en las prestaciones térmicas de la vivienda. Por otra parte, las ofertas derivadas de estos cálculos incentivaron a los encuestados a responder la pregunta de valoración, sin embargo, su repercusión en los ingresos familiares podría resultar mínima y por lo tanto verse reflejada en la respuesta a la pregunta de valoración.

Pero quizás resulte más importante el escenario planteado: la simulación acústica ayudó a estandarizar el conocimiento del objeto que se estudia, reduciendo la subjetividad inherente a toda valoración social del ruido. Sin embargo, los archivos de audio utilizados, aun cumpliendo con todos los criterios técnicos establecidos para su elaboración, podrían simplificar una realidad sonora compleja (Daumal, 2011), por lo

que los valores obtenidos al momento deben de ser analizados con mayor detenimiento.

Asumiendo que la simulación acústica representa de manera adecuada el cambio en el aislamiento en las viviendas de reciente construcción y que las ofertas reflejan pertinentemente los gastos necesarios para llevarlo a cabo, el gran número de respuestas positiva sería un indicativo de la importancia que las personas dan al silencio cuando se encuentran en su vivienda. Además, si solo se toma en consideración la DAP_{Media} más baja de los modelos analizados, los beneficios aun superan los sobrecostos de implementar el DB-HR, por lo que se podría concluir que esta normativa resulta pertinente para satisfacer la necesidad de la mayoría de las personas de modificar las condiciones acústicas de sus viviendas. La implementación del DB-HR implica una mejora importante en el confort acústico de las viviendas, pues además de incrementar las exigencias prestacionales, considera que la transmisión de los sonidos y su percepción están vinculadas a procesos más complejos que la medición de parámetros en condiciones ideales, como se hacía en la normativa anterior.

Por otra parte la complejidad del diseño acústico y la subjetividad en la percepción de los sonidos justifica que se continúe trabajando en estas líneas de investigación. Sin olvidar la dificultad de actuar sobre estructuras edificadas y las limitaciones de las técnicas de valoración disponibles, queda manifiesta la necesidad de ampliar el estudio hacia la rehabilitación, en donde las mejoras acústicas introducidas proporcionan, además de incrementos de valor al inmueble, una respuesta a una demanda social.

Agradecimientos

Se agradece a Mary Hernández, Jorge Montero, Axel Legares, Sergio López, Alejandro Macías y Pedro Villar por su contribución a la investigación. Este trabajo es parte de los estudios de doctorado que son apoyados por la beca PROMEP que otorga el gobierno mexicano.

Referencias

- Patronat Municipal de l'Habitatge (2011). Xifres d'habitatge. Indicadors del Pla d'habitatge de Barcelona. Xifres d'habitatge 27, Barcelona.
- Barreiro, J., *et al.* (2005). How much are people willing to pay for silence? A contingent valuation study. *Applied economics*, 37, 1233-1246.
- Bjørner, T.B. (2004). Combining socio-acoustic and contingent valuation surveys to value noise reduction. *Transportation research, Part d* 9, 341-356.
- Boyle, K. (2003). Contingent valuation in practice: chapter 5. In Champ, Boyle and Brown (Eds.), *A primer on nonmarket valuation* (pp.111-169). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Cooper, J., Hanemann, M., Signorello, G. (2001). One-and-one-half bound dichotomous choice contingent valuation. CUDARE Working Paper no. 921, UC Berkeley: Department of Agricultural and Resource Economics, UCB. Retrieved from: <http://escholarship.org/uc/item/09c663b2> (Visitado 17.1.2012).
- Daumal, F. (2011). Restauración y rehabilitación acústica en la arquitectura patrimonial (realidad o mito de los modelos). *International Seminar on Virtual Acoustics*. Valencia, España, 83-104.
- Daumal, F. y Gortari J. (2010). La importancia de la acústica urbana, Barrio Gótico, Barcelona. *Revista de Acústica*, vol. 41, Nº 3-4, 168-173.
- Domínguez, J. y Frías, J. (2006). Estudios prenormativos sobre el CTE DB-HR e impacto económico. *Directivos Construcción*, 48-52.
- Fosgerau, M. y Bjørner, T. (2006). Joint models for noise annoyance and willingness to pay for road noise reduction. *Transportation research, Part b* 40, 164-178.
- Gidlöf-Gunnarsson, A., *et al.* (2007). Noise annoyance and restoration in different courtyard settings: laboratory experiments on audio-visual interactions. Comunicado técnico. Inter-noise, Turquía.
- Hanemann, M. *et al.* (1991). Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 73(4), 1255-1263.
- Harris, C. (1995). *Manual de medidas acústicas y control del ruido* (Tercera edición). México: McGraw-Hill.
- Hernández, E. y Carrillo, M. (2003). Valoración de las pérdidas de bienestar causadas por el ruido en la población usando métodos de valoración contingente (encuestas). *Enseñanza de las ciencias de la tierra*, vol.11(1), 60-65.
- Herranz, M. y Proy, R. (2003). ¿Cómo se puede medir el coste social del ruido de trenes en España? Comunicado técnico. *Tecniacústica*. Bilbao, España.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja e Hispalyt (2008). Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del código técnico de la edificación. España: Hispalyt.
- INE. Encuesta de Hogares y Medio Ambiente 2008. Disponible en: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t25/p500/2008/p01/&file=pcaxis> (Visitado 15.2.2012).
- Low, S., Liu, J. y Oh, K. (2008). Influence of total building performance, spatial and acoustic concept on buildability scores of facilities. *Facilities*, 26(1-2), 85-104.
- Marmolejo, C. (2008). La incidencia de la percepción del ruido ambiental sobre la formación espacial de los valores residenciales: un análisis para Barcelona. *Revista de la Construcción*, vol. 7(1), 4-19.
- Marmolejo, C. y Frizzera, A. (2008). ¿Cuánto estamos dispuestos a pagar por el silencio?: Un análisis contingente para la ciudad de Barcelona. *Revista ACE*, año III (7), 21-38.
- Marmolejo, C. y González, C. (2010). El impacto del ruido sobre la formación espacial de los valores inmobiliarios: un análisis para el mercado residencial de Barcelona. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, Ministerio de Vivienda, Nº 164, 211-232.
- Marmolejo, C. y Romano, J. (2009). La valoración económica social del ruido aeroportuario. Un análisis para el entorno residencial del aeropuerto de Barcelona. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, Ministerio de Vivienda, Nº 159, 43-64.
- Martimortugués, C. y Canto, J. (2005). Creencias ambientales y coste social del ruido de ocio. *Revista acústica*, 36(3/4), 11-19.
- Mitchell, R. and Carson, R. (1989). *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Washington, D.C.: Resources for the future.
- Navrud, S. (2002). The estate-of-the-art on economic valuation of noise. Final report to European Commission DG Environment. Retrieved from: <http://ec.europa>.

eu/environment/noise/pdf/020414noisereport.pdf (Visitado 9.3.2011).

Nijland, H., Van Kempen, E., Van Wee, G., Jabben, J. (2003). Cost and benefit of noise abatement measures. *Transport Policy*, no. 10, 131-140.

Nijland, H. y Van Wee, B. (2008). Noise valuation in ex-ante evaluation of major road and railroad projects. *European Journal of Transport and Infrastructure Research EJIR* 8(3), 216-226.

Riera, P. (1994). Manual de valoración contingente. Madrid, España: Instituto de estudios fiscales. Disponible en: <http://webs2002.uab.es/prieram/manual.htm> (Visitado 23.7.2010).

Ruá, M. y López-Mesa, B. (2012). Certificación energética de edificios en España y sus implicaciones económicas. *Informes de la Construcción*, 64(527) 307-318.

Smith, S., Baker, D., Mackenzie, R., Wood, J., Dunbavin, P., y Panter, D. (2006). The development of robust details for sound insulation in new build attached dwellings. *Journal of building appraisal*, 2(1) 69-85.

Van Praag, B.M.S. y Baarsma, B. (2004). Using happiness survey to value intangibles: the case of airport noise. Working Paper N° 1163. CESifo (Munich).